

Petrology of pelitic metamorphic rocks in the contact aureole around the Tono granodioritic mass, Kitakami Mountains, Northeast Japan. (北上山地, 遠野花崗閃緑岩体接触帯の泥質変成岩類の岩石学)

著者	楠瀬 康子
号	890
発行年	1988
URL	http://hdl.handle.net/10097/25031

氏名・(本籍)	くす のせ やす こ 楠 瀬 康 子
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 第 8 9 0 号
学位授与年月日	昭 和 63 年 6 月 29 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
最 終 学 歴	昭和54年 3 月 東北大学大学院理学研究科 (博士課程前期 2 年の課程) 地学専攻修了
学位論文題目	Petrology of pelitic metamorphic rocks in the contact aureole around the Tono granodioritic mass, Kitakami Mountains, Northeast Japan. (北上山地, 遠野花崗閃緑岩体接触帯の泥質変成岩類の岩石学)
論文審査委員	(主査) 教 授 青 木 謙一郎 教 授 大 沼 晃 助 教 授 大 本 洋 教 授 大 貫 仁

論 文 目 次

- I. 緒 言
- II. 遠野岩体接触帯の地質学的概要
- III. 遠野岩体接触帯の泥質岩類の全岩化学組成
- IV. 泥質変成岩類の変成分帯と岩石記載
- V. 泥質変成岩類構成鉱物の化学組成
- VI.
 - 1. ソーダ雲母帯での平衡の達成
 - 2. マスコバイトあるいはカリ長石に過剰な泥質岩での鉱物間反応と相関係

3. Al_2O_3 に富む泥質岩での黒雲母アイソグラッド
4. マスコバイトを欠く泥質岩での相関係
5. マスコバイトを欠く泥質岩でのフェロゼードル閃石の生成
- 6.

VII. 遠野接触帯の変成条件

VIII. 結 論

論文内容要旨

泥質変成岩の累進変成作用は、天然の岩石での鉱物共生変化を追跡したり、鉱物組合せや鉱物化学組成を図的にあるいは熱力学的に解析することにより、ここ15年ほどの間に著しく研究が進歩した。この従来の仕事では、苦鉄質鉱物固溶体組成は、Fe-Mg 同形置換のみで近似されてきた。変成帯の低温部から中温部にかけて主要な造岩鉱物として出現する層状珪酸塩鉱物は、チェルマク置換 (Fe, Mg) $\text{Si} \rightleftharpoons 2\text{Al}$ によって固溶体組成を変えることが知られていたが、その理論的取扱いは Miyashiro & Shido (1985) に代表されるように、近年端緒についたばかりである。Miyashiro & Shido (1985) は、 Al_2O_3 含有量に関して中間的ないやや乏しい組成の変成堆積岩で黒雲母アイソグラッドを定義する反応を調べ、その反応の温度・圧力条件と、反応に関与する鉱物の組成上の条件との間の関係を明らかにした。その過程で彼らは、著しく Al_2O_3 に富む、過剰のアルミノ珪酸塩を持つ泥質岩のマスコバイトは、著しくセラドナイト成分 (K-ディオクタヘドラル雲母の Si-チェルマク端成分) の固溶量が低いと予測した。このようなタイプの泥質岩での黒雲母アイソグラッドも、セラドナイト成分を消費する、平均的な泥質岩での黒雲母アイソグラッド反応と同じもので定義されるか否かは大変問題であるが、天然の岩石によって確かめられてはいない。

北上山地中央部の遠野花崗閃緑岩体周辺の接触変成帯は、この目的のために最も適したフィールドの1つである。この接触帯では、Seki (1957) の研究以来、泥質ホルンフェルスに Al_2SiO_5 多形鉱物 (紅柱石及び珪線石) が多産することが知られていた。さらに奥山 (1980) は、低温部の粘板岩帯からソーダ雲母、パイロフィライト等の含水アルミノ珪酸塩鉱物組合せを報告した。すなわち、この接触帯の泥質変成岩は一貫してアルミノ珪酸塩について過剰という性格を保持しているわけである。本研究では、 Al_2O_3 に富む泥質岩における黒雲母生成反応の解明を最終目標として、遠野接触帯の泥質変成岩類を相岩石学的に研究した。この過程で、比較的 FeO に富む泥質岩の低圧変成作用におけるクロリトイドの安定関係を明らかにした。

○泥質岩類の全岩化学組成

遠野接触帯の泥質変成岩類の全岩化学組成の範囲を知り、岩石化学的なモデル組成を決めるために、全岩化学分析を行った。分析にあたっては、湿式化学分析と ICP 発光分析を併用した。全岩組成には、変成度に対応した系統的な差異は認められない。全体に Al_2O_3 に富み (含有量 20wt% 以上の試料が、全体の 65%)、 $\text{K}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 比が低く (平均 0.95)、 X_{FeO} ($\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$, モル比) が高い (平均 0.68)。全岩分析の結果から、泥質変成岩類の原岩がラテライト質の後背地を有したことが、及び、ラテライト質堆積物の供給が石炭紀前期から坂本沢不整合をはさんで下部二畳系堆積時まで続いたことが示唆された。

全岩分析の結果から、石英とマスコバイト (高温部でカリ長石) を持つ泥質変成岩 (以下、通常の泥質 (変成) 岩と呼称) について、中程度に FeO に富む A 型 ($X_{\text{FeO}} = 0.6 \sim 0.65$) と、著しく FeO に富む B 型 ($X_{\text{FeO}} > 0.75$) の 2 種類のモデル組成をたてた。B 型泥質岩は特定の層準

に限って分布する傾向がある。代表的なものは、下部石炭系大平層（及びその相当層）上部で石灰岩に伴う泥質岩層及び、二疊系基底部のものである。

○変成分帯

遠野接触帯を、通常の泥質岩における鉱物共生変化にもとづき、変成分布した(図-1)。接触帯は、 Al_2SiO_5 鉱物の生成と相転移から、ソーダ雲母帯・紅柱石帯・珪線石帯に三分される。 Al_2SiO_5 鉱物は、ソーダ雲母帯の泥質岩(粘板岩)を特徴づけるソーダ雲母が、石英と反応することにより、紅柱石アイソグラッドにて生成する。各帯は、特定の苦鉄質鉱物が生成する上部亜帯と、それらを持たぬ下部亜帯に分けられる。B型泥質岩でのクロリトイドの生成が上部ソーダ雲母亜帯を、A型泥質岩での堇青石の生成が上部紅柱石亜帯を、A型泥質岩におけるアルマンディンの生成が上部珪線石亜帯を、それぞれ定義する。黒雲母は、紅柱石アイソグラッドのわずかに高温側で出現する。通常の泥質岩では、アルマンディンと堇青石の共存は上部珪線石亜帯に限られる。従来、この接触帯の特徴と考えられていた、紅柱石帯でのアルマンディン+青石共生は、マスコバイト（あるいはカリ長石）を欠く K_2O に乏しい泥質岩に限られる。

○マスコバイトあるいはカリ長石に過剰の低圧型泥質岩での相関係

接触変成分帯では、自由度の小さな組合せを構成する鉱物の化学組成を調べることににより、圧力一定と近似した経験的な温度-組成関係図 ($T-X_{\text{Fe}}$ 図) を構築することができる。遠野接触帯において、アルミノ珪酸塩過剰の通常の泥質岩に対する、経験的 $T-X_{\text{Fe}}$ 図を構築した。低温部のソーダ雲母帯についても、平衡の達成を確認したうえで、上述の方法による取扱った。しかし、この接触帯の泥質ホルンフェルスには、ざくろ石斑晶変晶のセクト構造や、堇青石斑晶変晶中の石基と非平衡な鉱物包有物など、少なくとも部分的には平衡近似が成立しないことを示唆する組織が認められることがある。そこで、鉱物組合せの変化をひきおこした鉱物間反応を Thompson(1976)の方法で解析し、理論的 $T-X_{\text{Fe}}$ 関係を導くことにより、経験的 $T-X_{\text{Fe}}$ 関係を検証した。結果として、2つの $T-X_{\text{Fe}}$ 関係は良く一致した。

求めた $T-X_{\text{Fe}}$ 関係(図-2)は、 Al_2O_3 に富む低圧型泥質変成岩の、以下のような相岩石学的特徴を明らかにする；(1)クロリトイドは X_{FeO} の高い泥質岩では、低温部から中温部にかけて安定である、(2)中温部においてクロリトイドはマスコバイトと反応し、低圧型泥質岩に特徴的な紅柱石+黒雲母組合せを生成する、(3)紅柱石+黒雲母2相領域の X_{FeO} の低い側を限る紅柱石+黒雲母+堇青石3相領域は、温度上昇に伴い Mg 端へ向う。この組成変化は、含水堇青石とマスコバイトの間の反応により規制される、(4) Al_2SiO_5 過剰の低圧泥質岩での堇青石の出現は、石英と流体が常に存在する泥質岩系 ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-FeO-MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系) での自由度 1 の反応で定義される、厳密な意味でのアイソグラッドである。

○ Al_2O_3 に富む泥質岩での黒雲母アイソグラッド

遠野接触帯のソーダ雲母帯の泥質岩で、ソーダ雲母と共存するマスコバイト及び緑泥石は、これまで報告された低圧型泥質岩のマスコバイト及び緑泥石（ソーダ雲母と共存しない）と比べ、Al に著しく富む。マスコバイトのセラドナイト成分固溶量は低く、また、共存する緑泥石

の X_{Fe} が高いほど低くなる。下部紅柱石亜帯で黒雲母が生成しても、これに伴ってマスコバイトのセラドナイト成分固溶量はほとんど変化しない(図-3)。最初の黒雲母と共存するマスコバイトの組成は、セラドナイト含有量の少ないマスコバイトと黒雲母の間の固溶体として説明できる。すなわち、 Al_2O_3 に富む泥質岩での最初の黒雲母の生成は、平均的な Al_2O_3 含有量の泥質岩で認められているセラドナイト成分と緑泥石の間の反応(たとえば、Wang 他, 1986)によらない。下部紅柱石亜帯での黒雲母の最初の出現と、それに伴うマスコバイトの組成変化は、同亜帯でマスコバイトと緑泥岩の間におこる連続反応が黒雲母アイソグラッドを定義する反応であると判明した。

比較変成相論的検討から、 Al_2O_3 にとむ低～中圧型泥質岩での黒雲母アイソグラッドは、遠野接触帯で見出されたものと類似した反応で生成することが確認された。この反応では、黒雲母とともに $Al/(Fe+Mg)$ 比が緑泥石より高い鉱物(紅柱石、クロリトイド等)が生成する。 Al_2O_3 に富む泥質岩ではマスコバイト+緑泥石組合せが、低いセラドナイト成分含有量のため安定化する結果、黒雲母は変成帯中温部に至ってはじめて出現する。以上のように、泥質岩に最初の黒雲母をもたらす反応に、鉱物間のチェルマク成分交換が重要ではないタイプのものが存在することと、その反応の相岩石学的な特徴が、はじめて明らかとなった。

○マスコバイトを欠く泥質岩の相関係

紅柱石帯の条件では、アルマンディン+堇青石組合せは、黒雲母を唯一の K_2O を主成分とする相とする、マスコバイトを欠く泥質岩にのみ見出される。マスコバイトを欠く鉱物共生は、マスコバイトと苦鉄質鉱物から黒雲母(と、別の苦鉄質鉱物)を生成する反応の過程で、マスコバイトが消費され尽くすことにより導かれる。この反応でマスコバイトとともに生成系組合せに入る鉱物は、逆に、マスコバイト過剰の岩石での安定領域をこえて高温側まで存在できる。上部紅柱石亜帯のマスコバイトを欠く泥質岩に最も特徴的なアルマンディン+堇青石+斜方角閃石組合せは、以上の理由で残存した緑泥石が、堇青石アイソグラッドより高温の条件下で分解することにより形成される。

○遠野接触帯の温度-圧力条件

遠野接触帯では高温部の珪線石帯のみならず上部紅柱石亜帯にもアルマンディンを含む鉱物組合せが分布するため、ざくろ石を含む鉱物間平衡にもとづく地質温度圧力計を適用して、系統的に変成条件を見積もることができる。ざくろ石- Al_2SiO_5 -斜長石-石英地質圧力計(Newton & Haselton, 1983)と、ざくろ石-黒雲母地質温度計(Hodges & Spear, 1982)による見積もりを行った。

ソーダ雲母帯については、共存するマスコバイト-ソーダ雲母組合せに Chatterjee & Flux (1986) の二雲母ソルバス温度計を試用してみた。ソーダ雲母温度計は、大きな誤差($\pm 30^\circ C$)を伴うが、ソーダ雲母帯での他の鉱物間平衡と矛盾しない温度見積もりを与える。

以上の方法から、遠野接触帯の変成作用は約2Kb(全圧)のほぼ等圧的条件でおこったと判明した。変成温度は、上部珪線石亜帯で720-650°C、下部珪線石亜帯で650-600°C、上部紅柱石亜

帯で600-540°C，下部紅柱石垂帯で540-500°C，上部ソーダ雲母垂帯で500-420°C，下部ソーダ雲母帯で420-300°C程度であった。

図-1 遠野接触帯における変成鉱物安定関係

Zone Minerals	Paragonite		Andalusite		Sillimanite	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
Metapelites with excess K-phase						
Muscovite				---		
Paragonite						
Margarite						
Pyrophyllite						
Zoisite						
Calcite						
Chlorite			---			
Chloritoid			---			
Andalusite						
Sillimanite						
Biotite			---			
Cordierite						
Garnet				---		
K-feldspar						
Plagioclase	An 0-3		An 17-50		An 19-90	
Quartz						
Pyrite		---				
Pyrrhotite		---				
Magnetite						
Sphene		---				
Ilmenite		---				
Carbonaceous material	d ₀₀₂ = 3.56-3.40		d ₀₀₂ = 3.39-3.35		d ₀₀₂ = 3.35	
Muscovite-absent rocks						
Chlorite				---		
Chloritoid				---		
Andalusite						
Sillimanite						
Biotite						
Cordierite						
Anthophyllite -Gedrite						
Cummingtonite						
Garnet						
Hercynite Incl.				---		
Plagioclase				An 25-94		
Quartz						
Pyrrhotite						
Magnetite						
Ilmenite						
Carbonaceous material			d ₀₀₂ = 3.39-3.35		d ₀₀₂ = 3.35	
SiO ₂ -undersaturated rocks						
Hercynite						
Corundum						
Gedrite						
Biotite						
Cordierite						
Andalusite						
Sillimanite						
Garnet						
Plagioclase					?	
Pyrrhotite					An 75-94	
Magnetite						
Ilmenite						
Carbonaceous material					d ₀₀₂ = 3.35	

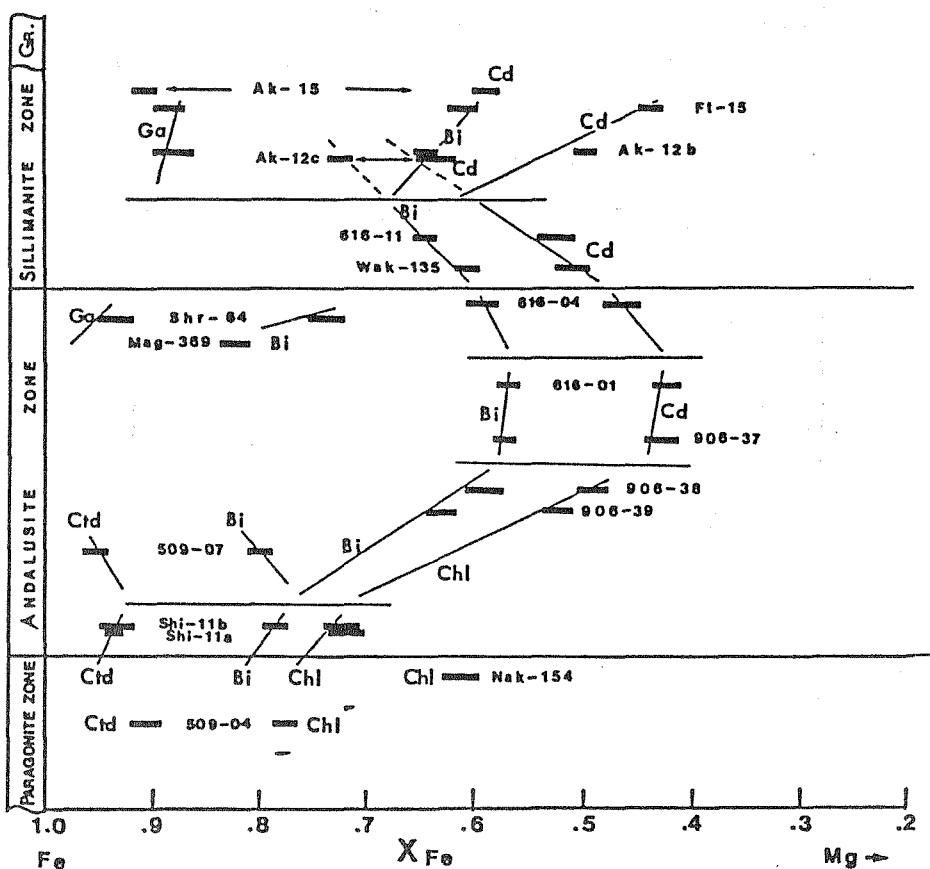
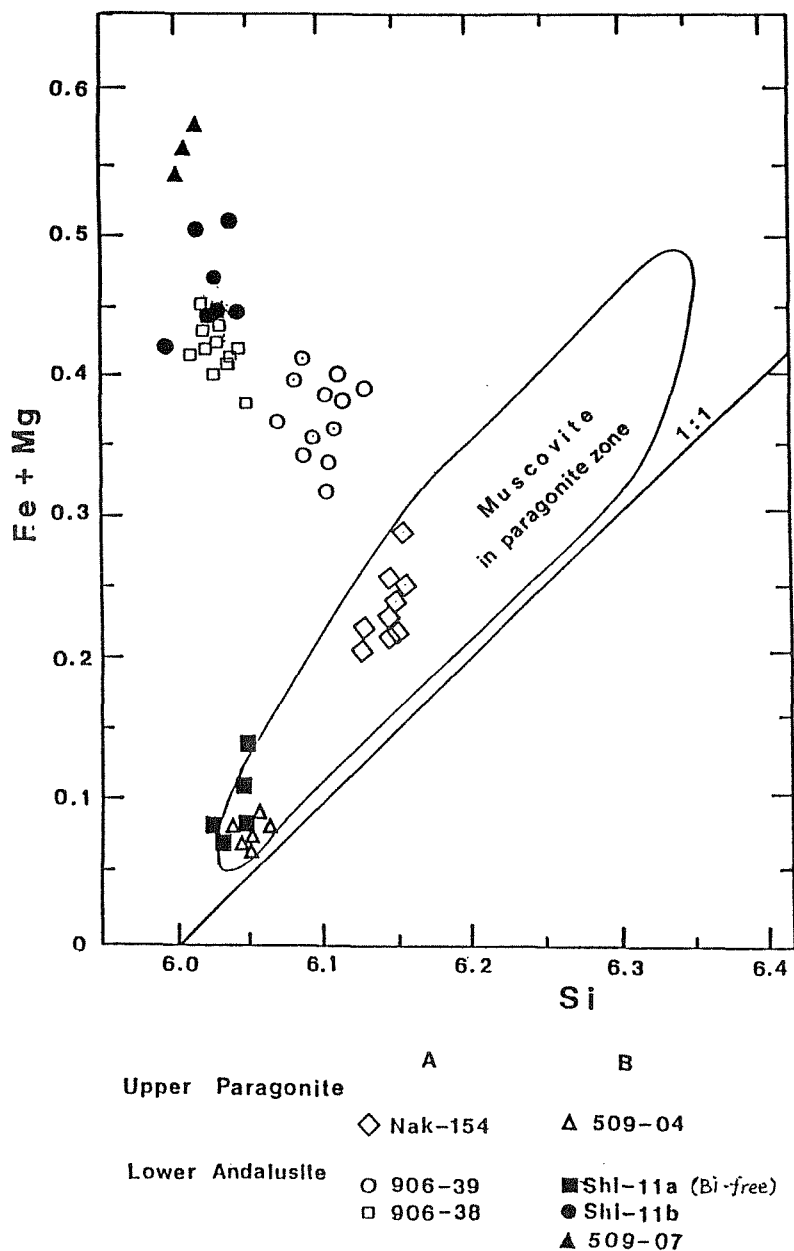


図-2 共存する苦鉄質鉍物の組成にもとづいた、経験的 T- X_{Fe} 図。紅柱石帯で比較的 X_{Fe} の高い領域を占める紅柱石+黒雲母2相領域は、紅柱石-緑泥石-黒雲母-マスコバイト間の反応だけでなく、紅柱石-黒雲母-クロリトイド-マスコバイト間の反応でも拡大されていく。

図-3 黒雲母生成に伴うマスコバイトの組成変化。黒雲母は、Shi-11a を除く下部紅柱石亜帯の試料に含まれる。これら試料中のマスコバイトの過剰 Si(O=22 を基準とする)は、黒雲母の出現しないソーダ雲母帯のマスコバイトとほとんど変わらず、黒雲母生成におけるセラドナイト成分の消費は認められない。



論文審査の結果の要旨

楠瀬康子提出の論文は泥質岩類の熱変成による鉱物組合せの消長を詳しく考察している。中・低圧型変成帯での黒雲母の出現は、累進変成作用の開始を示す重要な鉱物学的変化である。通常の泥質岩や Al_2O_3 に乏しい砂質岩での黒雲母生成反応は、マスコバイト中のセラドナイト成分を消費するタイプの反応であり、その性格は最近詳しく解明された。しかし、 Al_2O_3 にとむ泥質岩での黒雲母生成反応の性格は、まだ不明である。この問題の解明を最終目標に、北上山地、遠野花崗閃緑岩体周囲の接触帯の Al_2O_3 にとむ泥質変成岩類を、相岩石学的に研究した。

初めに遠野接触変成帯を、石英・マスコバイト（高温でカリ長石）過剰の泥質岩（標準的泥質岩と称する）でのアルミノ珪酸塩鉱物の生成と相転移にもとづき、ソーダ雲母帯・紅柱石帯・珪線石帯の3帯に変成岩分帯した。特にアルマンディン-堇青石組み合わせについて、過剰のカリウム相の有無に応じて安定関係の違いを論じた。次に、標準的泥質岩での共存鉱物化学組成に基づいて経験的相図を構築し、その妥当性を平衡論的に検証した。以上を踏まえて、黒雲母生成反応を鉱物化学組成に基づき検討した。アルミノ珪酸塩鉱物を持つ泥質岩では、マスコバイトのセラドナイト成分固溶量が著しく低く、黒雲母生成に伴ってほとんど変化しない。黒雲母生成反応は、端成分近似が可能な組成のマスコバイトと緑泥石の間の net-transfer 反応であり、黒雲母と共に $\text{Al}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ 比が緑泥石より大きな鉱物（紅柱石及びクロリトイド）を生成する。この反応は、紅柱石帯低温部での連続反応と等価な反応であった。比較変成相論的検討からこの反応は、平均的な組成の泥質岩からなる変成帯での中温部でのアイソグラッド反応に相当する事も判明した。二雲母地質温度計と苦鉄質変成岩組み合わせの安定関係から推定される黒雲母生成温度は約500°Cである。

この研究の過程で、併せてクロリトイドの低圧変成作用のもとでの安定関係を確立し、固相-固相反応に基づく地質温度・圧力計を用いて変成条件の推定を行った。

この成果は、本人が自立して研究活動を行なうに必要な高度の学識と研究能力を有することを示している。よって楠瀬康子提出の論文は理学博士の学位論文として合格を認める。